

# 1    **Inhaltsverzeichnis**

2	1 Periphere Wahrnehmung im Sport.....	4
3	2 Herausforderungen an die Messmethodik .....	6
4	3 Empirische Überprüfung von Funktionalitäten .....	8
5	4 Konsequenzen für die Forschung.....	11
6	5 Zusammenfassung.....	15
7	Literaturverzeichnis .....	17
8		
9		

# **Periphere Wahrnehmung im Sport: Von Funktionalitäten und Herausforderungen**

Stichworte: Entscheidungsverhalten; Blickverhalten; Pivot; Anker; Spot

Key-words: decision-making; gaze behavior; pivot, anchor; spot

Anzahl Wörter: 4697

## **Zusammenfassung**

Die periphere Wahrnehmung im Sport ist eine theoretische wie methodische Herausforderung. Während die bisher in der Literatur diskutierten Funktionalitäten des gleichzeitigen peripheren Monitorings mehrerer Objekte, der Detektion von peripheren Bewegungsveränderungen und der peripheren Preview-Funktion zur Planung von Blicksprüngen gut begründet scheinen, fehlte bislang deren eindeutiger empirischer Nachweis. Mit Hilfe des Multiple-Objekt-Tracking-Paradigmas konnten die beiden erstgenannten Funktionalitäten empirisch untermauert und in diesem Zuge zu berücksichtigende visuelle und aufmerksamkeitsbedingte Randbedingungen bestimmt werden. In einem weiteren Schritt wurden die neu eingeführten Begriffe Anker, Pivot und Spot mit den gefundenen Funktionalitäten in Beziehung gesetzt. Abschließend wurden konkrete Vorhersagen für sportspezifische Untersuchungen formuliert, um die so umschriebenen Funktionalitäten empirisch zu überprüfen. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen werden zeigen, inwieweit sich die grundlagenwissenschaftlichen Befunde auf Belange des Sports transferieren lassen. Für die Sportpraxis könnte es dabei ein wichtiges

Ziel sein, ein funktional begründetes Blick- und Aufmerksamkeitstraining zu integrieren, um das volle Potenzial der peripheren Wahrnehmung auszuschöpfen.

## Abstract

Peripheral perception in sport is a theoretical and methodological challenge. Previous research suggests three functionalities: the monitoring of multiple moving objects, the detection of motion changes and the peripheral-preview function that is involved in the planning of saccades. Empirical evidence supporting these functionalities was yet missing. In a series of studies using the Multiple-Object-Tracking paradigm, the first two functionalities could already be empirically supported. Furthermore, visual and attentional factors influencing these functionalities could be determined. In a next step, the terms anchor, pivot and spot were defined and specific predictions were derived for each of the functionalities that can now be empirically tested in sport-specific investigations. The results of these investigations will show the transferability of fundamental results into the field of sports. Sports practice could benefit from science-based gaze- and attention training that can be integrated in training routines to exploit the full potential of peripheral perception.

## **1 Periphere Wahrnehmung im Sport**

Für Handlungsentscheidungen im Sport, wie auch im Alltag, spielt die visuelle Informationsverarbeitung eine entscheidende Rolle, um in kritischen Situationen korrekte Entscheidungen treffen zu können. Übersieht man zum Beispiel einen freien Mitspieler oder eine freie Mitspielerin im Fußball oder, im Alltag, ein überholendes Auto im Straßenverkehr, kann eine falsche Entscheidung höchst negative Konsequenzen haben. In beiden Beispielen kommt es darauf an, den Fokus auf die relevanten Informationen zu richten und diese so zu verarbeiten, dass angemessene Handlungen ausgeführt werden. Im Fußballbeispiel wäre das der Pass auf den Mitspieler oder die Mitspielerin und im Autofahrbeispiel das Abwarten eines überholenden Fahrzeuges. Aufgrund der Komplexität der jeweils geschilderten Situation wird der peripheren Wahrnehmung – dem Wahrnehmen von Informationen die nicht direkt angeschaut, sondern „aus dem Augenwinkel“ erkannt werden – eine besondere Rolle zugewiesen, da das gleichzeitige Verarbeiten von Informationen – also der Mitspieler / die Mitspielerin oder der Gegenspieler / die Gegenspielerin im Fußball oder anderer Verkehrsteilnehmenden beim Autofahren – eine zentrale Funktion der peripheren Wahrnehmung zu sein scheint. Dieser widmet sich ein Forschungsprogramm am Institut für Sportwissenschaft der Universität Bern (Arbeitsgruppe Hossner), in dessen Rahmen die von der asp gewürdigte Dissertation von Christian Vater entstanden ist, die im zweiten Teil dargestellt wird.

Die Überprüfung der Funktionalität der peripheren Wahrnehmung ist insofern eine Herausforderung, da der Ort der Aufmerksamkeit nicht mit dem Ort des Blickes übereinstimmen muss. Diese Entkopplung scheint, auf Basis bisheriger empirischer Berichte, vor allem in Sportsportarten wie Fußball oder Basketball relevant zu sein, da die Aufmerksamkeit auf mehrere Objekte verteilt werden muss, um rechtzeitig die korrekte Handlung initiieren zu können (Höner, 2005; Vater, Luginbühl & Magnaguagno, 2019b).

77 Wenn zum Beispiel der ballführende Spieler / die ballführende Spielerin im Fußball den Blick  
78 auf den Ball fixiert, jedoch in der Lage ist, den Ball erfolgreich von dem Gegenspieler / der  
79 Gegenspielerin abzuschirmen, ohne diese/n anzuschauen, dann kann man davon ausgehen,  
80 dass dieser Spieler / diese Spielerin peripher wahrgenommen wird. Auf solchen in der  
81 Sportpraxis zu beobachtenden Phänomenen und aufgrund des Aufbaus unserer Retina mit  
82 vornehmlich bewegungssensitiven Rezeptoren (Stäbchen) im peripheren Bereich (Rosenholtz,  
83 2016; Strasburger, Rentschler & Jüttner, 2011), basiert die Annahme, dass es insbesondere  
84 Bewegungen sind, die sehr gut peripher wahrgenommen werden können sollten. Diese  
85 Funktionalität klingt plausibel, da es in vielen Sportarten darauf ankommt, die Bewegungen  
86 von Objekten (z.B. des Balles) oder Personen (z.B. der Mitspieler / die Mitspielerin)  
87 wahrzunehmen. Eine weitere in der Literatur diskutierte Funktionalität der peripheren  
88 Wahrnehmung betrifft die gleichzeitige Überwachung – das „Monitoren“ – mehrerer Objekte,  
89 welches durch eine Verteilung der Aufmerksamkeit ermöglicht werden soll (Davids, 1984;  
90 Vater, Klostermann, Kredel & Hossner, 2019a; Vater, Kredel & Hossner, 2017c). Auch diese  
91 Funktionalität ist gut nachvollziehbar, da vor allem in den Sportsportarten eine große Anzahl  
92 visueller Informationen relevant zu sein scheint, die unter Zeitdruck gleichzeitig verarbeitet  
93 werden müssen. Eine dritte Funktionalität bezieht sich auf das Zusammenspiel von peripherer  
94 und fovealer Wahrnehmung. Hier könnte es sein, dass eine sogenannte periphere „Vorschau-  
95 Funktion“ zum Tragen kommt (Findlay & Gilchrist, 2001; Loschky & McConkie, 2002;  
96 Nuthmann, 2014). Diese Funktion wird so erklärt, dass vermeintlich relevante Informationen  
97 zunächst peripher aufgenommen werden, aber aufgrund der zu geringen visuellen Auflösung  
98 in der Peripherie – physiologisch begründet durch die geringe Anzahl an Zapfen – nicht  
99 verarbeitet werden können. Es folgt also nach dem peripheren „Preview“ ein Blicksprung  
100 (Sakkade) auf diesen Reiz, um ihn anschließend mit hoher fovealer Auflösung verarbeiten zu  
101 können. Die periphere Wahrnehmung hilft demnach bei der Planung von Blicksprüngen

(McPeck, Keller & Nakayama, 1999; Pollatsek, Rayner & Collins, 1984). In allen drei diskutierten Funktionalitäten geht man von einem Zusammenspiel von peripherem Sehen (Blickverhalten) und Aufmerksamkeitsprozessen (Kognition) aus.

In einem aktuellen Review von Vater, Williams und Hossner (2019c) werden diese Funktionalitäten ausführlich diskutiert, wobei gezeigt wird, dass in 86% der zu dieser Thematik durchgeführten Studien nur das Blickverhalten und nicht der Ort der Aufmerksamkeit gemessen wurde. Wird also beobachtet, dass der Blick eines Fußballtorhüters beim Elfmeter zwischen Ball und Schussbein des Schützen verankert wird, so wird dies als Hinweis darauf interpretiert, dass beide Orte peripher wahrgenommen wurden, da am Ort der Fixation *keine* relevanten Informationen zu verarbeiten sind und der Torhüter sozusagen „ins Leere“ schaut (Piras & Vickers, 2011). Als empirischer Nachweis der peripheren Wahrnehmung reichen solche Interpretationen aber nicht aus, da die tatsächliche Informationsverarbeitung und der Ort der Aufmerksamkeit während der Verankerung unklar bleiben.

## **2 Herausforderungen an die Messmethodik**

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich die messmethodische Herausforderung, die Funktionalität(en) peripherer Wahrnehmung direkt zu prüfen. Während für das foveale Sehen Eye-Tracking-Methoden oftmals ausreichen – auch wenn auch hier nicht immer davon ausgegangen werden sollte, dass die angeschauten Informationen auch tatsächlich verarbeitet werden (s. inattentional blindness; Simons & Chabris, 1999) – bedarf es zusätzlicher methodischer Hilfsmittel, um zu bestimmen, wann der Blick und die Aufmerksamkeit entkoppelt werden. Ein solches Hilfsmittel könnte das „Moving-Mask / Window-Paradigma“ sein (Cañal-Bruland, Lotz, Hagemann, Schorer & Strauss, 2011; McConkie & Rayner, 1975; Rienhoff, Baker, Fischer, Strauss & Schorer, 2012; Ryu, Abernethy, Mann, Poolton & Gorman, 2013; Schorer, Rienhoff, Fischer & Baker, 2013). In diesem Paradigma kann durch

Computeralgorithmen ein künstliches „Blurring“ (Unschärfe) entweder auf den fovealen und/oder den peripheren Bereich des Gesichtsfelds gelegt werden, sodass deren Klarheit erheblich verschlechtert wird. Der Vorteil dieser Methode ist, dass das „Fenster“ bzw. „Maske“ an den Blick gekoppelt wird und somit ein dynamisches Blickveralten erlaubt. Somit kann garantiert werden, dass auch nach einem Blicksprung relevante Informationen selektiv verschwommen dargestellt werden. Dabei wird angenommen, dass periphere Informationen dann bedeutsam für Entscheidungen sind, wenn mit zunehmendem peripheren „Blur“ die Entscheidungsleistung abnimmt, da dann die relevanten Informationen nicht mehr aufzunehmen sind.

Ryu et al. (2013) sowie Ryu, Abernethy, Mann und Poolton (2015) nutzten dieses Paradigma in einer Basketballaufgabe, bei der Videostimuli aus der Vogelperspektive präsentiert wurden und Versuchsteilnehmer entscheiden sollten, welche Aktion der passführende Spieler zum Zeitpunkt der Okklusion ausgeführt hätte. In beiden Studien fanden die Autoren einen Einfluss des peripheren Blurs auf die Entscheidungsleistung. Da zudem dieser negative Einfluss bei Experten grösser war als bei Novizen, wurde geschlossen, dass Experten unter normalen Bedingungen ohne künstlichen Blur besser in der Lage sind, periphere Informationen für ihre Entscheidungen zu nutzen. Zudem wurde beobachtet, dass die Distanz der Blicksprünge in den Blur-Bedingungen abnahm, was als Störung der peripheren Preview-Funktion interpretiert wurde. Eine mögliche Einschränkung der Moving-Mask / Window-Methode ist, dass auch hier der Ort der Aufmerksamkeit nicht bekannt ist. Darüber hinaus mögen attentionale Mechanismen, die in der natürlichen Betrachtungsbedingung ohne peripherem Blur auftreten, nicht mit denen in der Blur-Bedingung vergleichbar sein, da die manipulationsbedingte Einschränkung peripher sichtbarer Stimuli schon auf retinaler Ebene eine Weiterverarbeitung erschweren, sodass eine

Aufmerksamkeitsverlagerung auf diese Region wohl eher negativ wäre (weitere methodische Ansätze werden ausführlich diskutiert in Vater et al., 2019c).

Um die bisher diskutierten Funktionalitäten der peripheren Wahrnehmung überprüfen zu können, bedarf es vor diesem Hintergrund einer Aufgabe, die das Monitoring mehrerer sich bewegender Objekte und die Detektion von Bewegungsveränderungen während dieses Monitoring-Prozesses erlaubt. Dabei sollte jedoch darauf geachtet werden, dass – anders als beim Moving-Mask / Window-Paradigma – das natürliche Blickverhalten und die Sichtbarkeit peripherer Ereignisse nicht beeinflusst werden. Um zu bestimmen, ob die periphere Wahrnehmung für Monitoring und Detektion in einem solch neuen Paradigma genutzt wird, muss zudem parallel das Blickverhalten erfasst werden. Ein peripheres Monitoring wäre dann daran erkennbar, dass die zu verfolgenden Zielobjekte mehrheitlich nicht direkt angeschaut werden, sondern der Blick zwischen den Objekten – also wie im Elfmeterbeispiel zuvor: im freien Raum – positioniert wird. Eine periphere Detektion von Bewegungsveränderungen wäre erkennbar, wenn nach dem Eintreten der Veränderung eine korrekte Antwort (z.B. Knopfdruck) gegeben werden kann, *ohne* dass der Blick *zuvor* auf die Veränderung gerichtet worden ist.

### **3 Empirische Überprüfung von Funktionalitäten**

Der Überprüfung der oben hergeleiteten Funktionalität der peripheren Wahrnehmung, dass mehrere sich bewegende Objekte verfolgt und gleichzeitig auf kritische Ereignisse reagiert werden kann, hat sich die Berner Arbeitsgruppe in einer Reihe von Studien angenommen. Aufgrund der bereits vorhandenen empirischen Befunde aus der experimentellen Psychologie (u.a. Cavanagh & Alvarez, 2005; Franconeri, Jonathan & Scimeca, 2010; Oksama & Hyönä, 2004; Pylyshyn, 1989, 2001; Pylyshyn & Storm, 1988; Yantis, 1992), wurde als methodischer Ansatz die Multiple-Object-Tracking-Aufgabe (MOT) gewählt. Die Aufgabe besteht in der implementierten Variante darin, vier Targets für eine



gewisse Zeit (6 s) zu verfolgen, während diese sich zusammen mit sechs Distraktoren bewegen, wobei es sich bei allen zehn Objekten um gleich aussehende Vierecke handelt. Bisherige Ergebnisse haben gezeigt, dass Targets mehrheitlich nicht einzeln fixiert werden, sondern ein virtuelles Zentrum (der Target-Massenschwerpunkt und sogenannte „Centroid“) fixiert wird und somit die Target-Bewegungen peripher wahrgenommen werden (Fehd & Seiffert, 2008, 2010; Zelinsky & Neider, 2008).

Dieses Paradigma und die bereits vorliegenden Befunde dienten als Ausgangspunkt für die Dissertation von Christian Vater, die während der Tagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie 2019 mit dem Karl-Feige-Preis ausgezeichnet wurde und deren Inhalt im Folgenden kurz zusammengefasst werden soll. In einer Serie von drei empirische Studien wurde das MOT-Paradigma eingesetzt, wobei im ersten Experiment der ersten Studie die Validität des Paradigmas in einem – im Vergleich zu Studien aus der experimentellen Psychologie veränderten Setup mit großer Rückprojektionsleinwand statt kleinem Computermonitor und bewegungsintegriertem statt stationärem Eye-Tracking – geprüft wurde. Anschließend wurde in einem zweiten Experiment die Bewegungssensitivität des peripheren Sehens mit einer Target-Stopp-Detektionsaufgabe getestet. In der zweiten Studie wurde überprüft, ob sich diese Bewegungssensitivität auch in Mehrfachaufgaben (Monitoring und Detektion) zeigt, um in Studie 3 abschließend zu untersuchen, wie sich erhöhte Anforderungen an die Aufmerksamkeit auf der einen und an das visuelle System auf der anderen Seite auf das Monitoring und die Detektionsleistung auswirken.

In der ersten Studie setzten Vater, Kredel und Hossner (2016) eine Großleinwand mit motion-capture-integriertem Eye-Tracking ein, um zu überprüfen, ob zum Verfolgen der Targets tatsächlich die periphere Wahrnehmung eingesetzt wird. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass auch in diesem neuen – und für sportnähere Studien deutlich besser geeignetem – Setting der „Centroid“ fixiert und somit die periphere Wahrnehmung genutzt wird. In einem

zweiten Experiment, in dem die Bewegungssensitivität des peripheren Sehens getestet und zu diesem Zweck Detektionsleistungen von Target-Stopp-Veränderungen mit denen von Target-Form-Veränderungen verglichen wurden, konnte nachgewiesen werden, dass die periphere Wahrnehmung vor allem geeignet ist, um Bewegungsveränderungen zu erkennen.

In der zweiten Studie von Vater, Kredel und Hossner (2017a) sollten in einer MOT-Mehrfachaufgabe Veränderungen detektiert und alle vier Targets am Ende eines Einzelversuches wiedererkannt werden. Die Form- und Bewegungsveränderungen mussten zudem auf unterschiedlichen Exzentrizitäten erkannt werden. Es konnte gezeigt werden, dass besonders dann ein Vorteil für die Detektion von Bewegungsveränderungen gegenüber Formveränderungen zu erkennen ist, wenn diese Veränderungen auf großen Exzentrizitäten auftreten. Bei größeren Distanzen zwischen einem zu erkennenden Bewegungsreiz und der aktuellen Blickposition ist die periphere Wahrnehmung daher besonders gut geeignet, um Bewegungsveränderungen zu erkennen. Im zweiten Experiment dieser Studie wurde kontrolliert, dass diese Bewegungssensitivität nicht hauptsächlich auf Salienz-Unterschiede zwischen Form- und Bewegungsveränderungen zurückgeführt werden kann, was durch die Ergebnisse belegt werden konnte.

In der dritten Studie wurde von Vater, Kredel und Hossner (2017b) der Einfluss einerseits des Aufmerksamkeitssystems und andererseits des visuellen Systems auf die Monitoring- und Detektionsleistung getestet. Ersteres geschah über die Manipulation von Target-Kollisionen, während für Zweiteres der sogenannte „Crowding-Effekt“ genutzt und deshalb die räumliche Nähe von Targets und Distraktoren manipuliert wurde. Hierbei konnte festgestellt werden, dass Kollisionen den Ort der Aufmerksamkeit beeinflussen, da der Blick bereits vor der eigentlichen Kollision „angezogen“ wird und zu einer Sakkade führt. Diese antizipative Sakkade zeigt, dass die Aufmerksamkeit bereits vor der Kollision auf den Targets lokalisiert sein musste (siehe auch Zelinsky & Todor, 2010). Zudem konnte in den Ergebnissen

zur Event-Detektion nachgewiesen werden, dass diese Sakkaden die Detektionsraten reduzieren, wenn sie während des zu detektierenden Events stattfinden. „Crowding“ hatte weniger einen Einfluss auf die Detektionsleistung als vielmehr auf die Blickposition im Monitoring-Prozess. Befanden sich Targets und Distraktoren auf engem Raum, dann wurde der Blick näher an diesen Target-Distraktor-Formationen und weiter entfernt vom „Centroid“ verankert. Es kann vermutet werden, dass hierdurch die geringe Auflösung der peripheren Wahrnehmung kompensiert wird und die Targets in der Folge besser von den Distraktoren unterschieden werden können.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Funktionalität der peripheren Wahrnehmung (a) ein gleichzeitiges Monitoring mehrerer Objekte, (b) die gleichzeitige Detektion von Bewegungsveränderungen und (c) das Vermeiden von sakkadenbedingten Kosten ermöglicht. Diese Funktionalität wird jedoch durch Anforderungen an das visuelle System und das Aufmerksamkeitssystem beeinflusst. Welche Bedeutung diesen experimentellen Befunden für sportspezifische Situationen zukommt, wurde in einem abschließenden Beitrag der Untersuchungsreihe thematisiert (Vater et al., 2017c), der zudem auf konkrete methodische Vorschläge zur Überprüfung der peripheren Wahrnehmung im Sportkontext abzielte. Von zentraler Bedeutung scheinen dabei zum einen die Funktionalität von Blickverankerungen in komplexen Wahrnehmungssituationen und zum anderen die visuellen und aufmerksamkeitsbedingten Randbedingungen dieser Verankerungen zu sein.

#### **4 Konsequenzen für die Forschung**

Mit den im vorangegangenen Abschnitt geschilderten Befunden konnten die zuvor hergeleiteten Vermutungen zu den Funktionalitäten der peripheren Wahrnehmung im Sport bestätigt werden. Ein direkter Transfer der erhaltenen Ergebnisse auf den Sport scheint jedoch nur eingeschränkt möglich zu sein, da die verwendeten Stimuli sportunspezifisch sind und daher vor allem Rückschlüsse auf die grundsätzlichen Möglichkeiten der peripheren

Wahrnehmung zulassen. Als erfolgversprechender erweist sich aus diesem Grunde ein konzeptioneller Transfer der Laborbefunde auf die Belange des Sports. Mit Blick auf die jeweils aufgedeckten Vor- und Nachteile läuft dies auf eine Kosten-Nutzen-Rechnung für die periphere Wahrnehmung hinaus. Als Kosten können dabei die geringere visuelle Auflösung und der negative Einfluss von „Crowding“ angesehen werden. Als Nutzen können das Vermeiden von sakkadenbedingten Informationsverlusten, eine mögliche Aufmerksamkeitsverteilung und damit verbunden das gleichzeitige Verfolgen von mehreren Objekten sowie die Detektion von Bewegungsveränderungen aufgeführt werden.

Genau diese Kosten-Nutzen-Abwägungen wurden von Vater et al. (2019c) auf die bisher diskutierten sportspezifischen Funktionalitäten bezogen und dabei drei randbedingungsabhängige Blickstrategien unterschieden. Ein „*gaze anchor*“ (Anker) wird nun als Blickverankerung zwischen relevanten Informationsquellen definiert mit der Funktion, Bewegungsveränderungen peripher wahrzunehmen. Ein „*visual pivot*“ (Pivot) ist so definiert, dass er auf oder zwischen mehreren Cues liegt und eine Blickstabilisierung auf dem Pivot zur Unterstützung der Preview-Funktion genutzt wird. Diese Funktion ermöglicht es, den nächsten Fixationsort zu bestimmen, damit nach der Sakkade eine detaillierte foveale Verarbeitung von Informationen möglich wird. Neben den beiden – in der Literatur auch zuvor verwendeten, aber unscharf definierten – Begriffen Anker und Pivot wurde von Vater et al. (2019c) zusätzlich der Begriff des „*foveal spot*“ (Spot) eingeführt. Hierbei handelt es sich um eine Blickstabilisierung, die nicht primär genutzt wird, um periphere Informationen zu monitoren, sondern um foveale Informationen zu verarbeiten und Sakkadenkosten zu vermeiden. Die periphere Wahrnehmung hat beim Spot eine reine Detektionsfunktion und kann zum Beispiel genutzt werden, wenn ein Reiz überraschend in der Peripherie auftaucht. Diese drei Funktionalitäten können – in Abhängigkeit von den aktuellen situativen Randbedingungen der Aufgabe – dynamisch

276 ineinander übergehen, sodass beispielsweise aus einem Spot ein Anker werden kann, wenn  
277 zusätzliche Spieler / Spielerinnen peripher verfolgt werden müssen, oder aus einem Spot  
278 ein Pivot, wenn Detailinformationen von peripheren Spielern für die Entscheidung wichtig  
279 sind. Basierend auf diesen vorgeschlagenen Funktionalitäten können Vorhersagen für  
280 zukünftige wissenschaftliche Studien formuliert werden.

281       Bezogen auf den *Anker* sollte es vor allem in Sportarten mit hohen räumlich-zeitlichen  
282 Anforderungen (z.B. Kampfsportarten) darum gehen, dass (Teil-)Bewegungen peripher  
283 erkannt und Sakkadenkosten vermieden werden. Prädiziert werden daher lange  
284 Fixationsdauern auf einen zum peripheren Monitoring funktionalen Ort und eine geringe  
285 Anzahl von Sakkaden. Konkret kann demnach in einer Martial-Arts-Verteidigungssituation  
286 davon ausgegangen werden, dass gegnerische Angriffe mit den Armen und Beinen mit Hilfe  
287 der peripheren Wahrnehmung detektiert werden, indem mehrheitlich auf den Kopf und die  
288 Brust fixiert wird (vgl. auch bereits Milazzo, Farrow, Ruffault & Fournier, 2016; Piras,  
289 Pierantozzi & Squatrito, 2014; Williams & Elliott, 1999). Einer aktuellen Studie von  
290 Hausegger, Vater und Hossner (2019) wurde daher die Hypothese zugrunde gelegt, dass die  
291 Höhe der Verankerung – entweder eher auf der Brust oder den Kopf des Gegners – von den  
292 zu erwartenden gegnerischen Angriffen abhängen sollte. Wird der Gegner mehrheitlich mit  
293 den Füßen angreifen, wie es im Tae Kwon Do der Fall ist, sollte daher eine Blickverankerung  
294 am gegnerischen Körper niedriger sein als beim Qwan Ki Do, bei dem auch Angriffe mit den  
295 Händen oder Armen zu erwarten sind. Die Ergebnisse bestätigen nachdrücklich die Prädiktion  
296 einer funktionalen Blickverankerung am gegnerischen Körper in Abhängigkeit von den  
297 Randbedingungen der Aufgabe (Ort des zu erwartenden Angriffes).

298       Ein *Pivot* darf vornehmlich dann erwartet werden, wenn mehrere Objekte für  
299 Entscheidungen relevant sind und die periphere Wahrnehmung zu ungenau ist, um  
300 objektabhängig Entscheidungen zuverlässig zu begründen. Zur Überprüfung dieser

301 Erwartung könnten Situationen mit und ohne „Crowding“ oder Situationen mit  
302 entscheidungsrelevanten Objekten auf unterschiedlichen Exzentrizitäten verglichen  
303 werden. In beiden Fällen wäre die periphere Wahrnehmung allfällig zu fehlerhaft, sodass  
304 eine höhere Anzahl an Sakkaden auf das periphere Objekt zu präzisieren wäre. Im  
305 Basketball beispielsweise könnten solche Situationen auftreten, wenn sowohl Aktionen des  
306 ballführenden Spielers / der ballführenden Spielerin als auch Aktionen der anderen Spieler  
307 / Spielerinnen präzise wahrgenommen werden müssen (Ryu et al., 2013; Ryu et al., 2015).  
308 Um herauszufinden, ob in diesem Fall der/die Ballführende einen geeigneten Pivot darstellt  
309 und ob dann die periphere Wahrnehmung genutzt wird, um den nächsten Blicksprung  
310 vorzubereiten, sollten die Spielsituationen so manipuliert werden, dass in einer Bedingung  
311 Blicksprünge notwendig sind, um Detailinformationen zu verarbeiten (z.B. durch  
312 „Crowding“ mit mehreren Spielern / Spielerinnen auf engem Raum), während in einer  
313 anderen Bedingung kein Blicksprung notwendig ist (und somit die periphere Wahrnehmung  
314 ausreicht, um Informationen anderer Spieler / Spielerinnen zu verarbeiten). Prädiziert  
315 werden würde, dass in der „Crowding“-Bedingung mehr Blicksprünge auf die peripher  
316 positionierten Spieler / Spielerinnen ausgeführt werden würden, in beiden Bedingungen der  
317 Blick aber immer wieder zurück auf die ballführende Person als Pivot gerichtet werden  
318 würde.

319 Ein *Spot* schließlich sollte insbesondere dann erwartet werden, wenn der Fixationsort  
320 nicht gewechselt werden muss, um korrekte Entscheidungen zu treffen, sodass die  
321 Aufmerksamkeit sozusagen an einen visuellen Cue gebunden wird. Im Fußball  
322 beispielsweise könnte eine 1:1-Situation untersucht werden, in der zu entscheiden ist, ob  
323 der gegnerische Spieler / die gegnerische Spielerin links oder rechts vorbeizuziehen  
324 versucht. Da die „Enge“ des Aufmerksamkeitsfensters um diesen visuellen Cue variieren  
325 kann (s. Hüttermann & Memmert, 2017), sollte in einem sportspezifischen Test die

Detektionsleistung von peripheren Ereignissen (z.B. das Auftauchen eines weiteren Spielers / einer weiteren Spielerin) getestet werden, sodass aus der geschilderten 1:1-Fussballsituation eine 2:1-Überzahlsituation entsteht. Je grösser dann die Exzentrizität ist, auf der dieser zusätzliche Spieler / diese zusätzliche Spielerin detektiert werden muss, desto grösser ist das Aufmerksamkeitsfenster des fovealen Spots, was empirisch bedeutet, dass bei einem zu kleinen Aufmerksamkeitsfenster die peripheren Ereignisse eher verpasst und somit falsche Entscheidungen getroffen werden.

Neben diesen zu testenden Vorhersagen der drei Funktionalitäten Anker, Pivot und Spot könnten in zukünftigen Untersuchungen verschiedene Blickverankerungspunkte miteinander verglichen werden, um deren Auswirkungen auf Entscheidungsleistungen zu testen. Aus diesen Ergebnissen könnten dann optimierte Blickinstruktionen abgeleitet und für Interventionsstudien eingesetzt werden. Darüber hinaus erscheint es angeraten zu sein, Kosten von Sakkaden im Sportkontext näher zu untersuchen, da diesbezügliche Empfehlungen allein auf grundlagenwissenschaftlichen Laborbefunden basieren. Durch die verbesserten methodischen Möglichkeiten (u.a. bessere mobile Eye-Tracker mit höheren Aufnahmefrequenzen) wird es zudem in Zukunft vermehrt und zuverlässiger möglich sein, Untersuchungen nicht nur im Labor, sondern auch im Feld durchzuführen. Es gilt also auch in dieser Hinsicht, den Blick zu „erweitern“, um das volle Potenzial der sportbezogenen Forschung zur peripheren visuellen Wahrnehmung auszunutzen.

## **5 Zusammenfassung**

In diesem Beitrag wurde veranschaulicht, dass die Überprüfung von Funktionalitäten der peripheren Wahrnehmung im Sport eine theoretische wie methodische Herausforderung darstellt. Während die bisher in der Literatur diskutierten Funktionalitäten des gleichzeitigen peripheren Monitorings mehrerer Objekte, der Detektion von peripheren Bewegungsveränderungen und der peripheren Preview-Funktion zur Planung von

351 Blicksprüngen gut begründet scheinen, fehlte bislang deren eindeutiger empirischer  
352 Nachweis. Mit Hilfe des Multiple-Objekt-Tracking-Paradigmas konnten im Rahmen des  
353 vorgestellten Dissertationsprojektes die beiden erstgenannten Funktionalitäten empirisch  
354 untermauert und in diesem Zuge zu berücksichtigende visuelle und  
355 aufmerksamkeitsbedingte Randbedingungen bestimmt werden. In einem weiteren Schritt  
356 wurden die neu definierten Begriffe Anker, Pivot und Spot mit den gefundenen  
357 Funktionalitäten in Beziehung gesetzt. Abschliessend wurden konkrete Vorhersagen für  
358 sportspezifische Untersuchungen formuliert, um die so umschriebenen Funktionalitäten  
359 empirisch zu überprüfen. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen werden zeigen, inwieweit  
360 sich die grundlagenwissenschaftlichen Befunde auf Belange des Sports transferieren lassen.  
361 Für die Sportpraxis könnte es dabei ein wichtiges Ziel sein, ein funktional begründetes  
362 Blick- und Aufmerksamkeitstrainings zu integrieren, um das volle Potenzial der peripheren  
363 Wahrnehmung auszuschöpfen.  
364



## Literaturverzeichnis

- Cañal-Bruland, R., Lotz, S., Hagemann, N., Schorer, J. & Strauss, B. (2011). Visual span and change detection in soccer: An expertise study. *Journal of Cognitive Psychology*, 23(3), 302–310. <https://doi.org/10.1080/20445911.2011.496723>
- Cavanagh, P. & Alvarez, G. A. (2005). Tracking multiple targets with multifocal attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(7), 349–354. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.05.009>
- Davids, K. (1984). The role of peripheral vision in ball games: Some theoretical and practical notions. *Physical Education Review*, 7, 26–40.
- Fehd, H. M. & Seiffert, A. E. (2008). Eye movements during multiple object tracking: Where do participants look? *Cognition*, 108(1), 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.11.008>
- Fehd, H. M. & Seiffert, A. E. (2010). Looking at the center of the targets helps multiple object tracking. *Journal of Vision*, 10(4), 19. <https://doi.org/10.1167/10.4.19>
- Findlay, J. M. & Gilchrist, I. D. (2001). Visual Attention: The Active Vision Perspective. In M. Jenkin & L. Harris (Hrsg.), *Vision and attention* (S. 83–103). New York: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-21591-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-0-387-21591-4_5)
- Franconeri, S. L., Jonathan, S. V. & Scimeca, J. M. (2010). Tracking multiple objects is limited only by object spacing, not by speed, time, or capacity. *Psychological Science*, 21(7), 920–925. <https://doi.org/10.1177/0956797610373935>
- Hausegger, T., Vater, C. & Hossner, E.-J. (2019). Peripheral vision in martial arts experts: The costdependent anchoring of gaze. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 41(3), 137–146. <https://doi.org/10.1123/jsep.2018-0091>
- Höner, O. (2005). *Entscheidungshandeln im Sportspiel Fußball. Eine Analyse im Lichte der Rubikontheorie*. Schorndorf: Hofmann.

389 Hüttermann, S. & Memmert, D. (2017). The Attention Window: A Narrative Review of  
 390 Limitations and Opportunities Influencing the Focus of Attention. *Research Quarterly for*  
 391 *Exercise and Sport*, 88(2), 169–183. <https://doi.org/10.1080/02701367.2017.1293228>  
 392 Loschky, L. C. & McConkie, G. W. (2002). Investigating spatial vision and dynamic  
 393 attentional selection using a gaze-contingent multiresolutional display. *Journal of*  
 394 *Experimental Psychology: Applied*, 8(2), 99–117. [https://doi.org/10.1037/1076-](https://doi.org/10.1037/1076-898X.8.2.99)  
 395 898X.8.2.99  
 396 McConkie, G. W. & Rayner, K. (1975). The span of the effective stimulus during a fixation  
 397 in reading. *Perception & Psychophysics*, 17(6), 578–586.  
 398 <https://doi.org/10.3758/BF03203972>  
 399 McPeck, R. M., Keller, E. L. & Nakayama, K. (1999). Concurrent processing of saccades.  
 400 *Behavioral and Brain Sciences*, 22(4), 691–692.  
 401 <https://doi.org/10.1017/S0140525X99402158>  
 402 Milazzo, N., Farrow, D., Ruffault, A. & Fournier, J. F. (2016). Do karate fighters use  
 403 situational probability information to improve decision-making performance during On-  
 404 Mat tasks? *Journal of Sports Sciences*, 34(16), 1547–1556.  
 405 <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1122824>  
 406 Nuthmann, A. (2014). How do the regions of the visual field contribute to object search in  
 407 real-world scenes? Evidence from eye movements. *Journal of Experimental Psychology:*  
 408 *Human Perception and Performance*, 40(1), 342–360. <https://doi.org/10.1037/a0033854>  
 409 Oksama, L. & Hyönä, J. (2004). Is multiple object tracking carried out automatically by an  
 410 early vision mechanism independent of higher-order cognition? An individual difference  
 411 approach. *Visual Cognition*, 11(5), 631–671. <https://doi.org/10.1080/13506280344000473>

- Piras, A., Pierantozzi, E. & Squatrito, S. (2014). Visual search strategy in judo fighters during the execution of the first grip. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 9(1), 185–197. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.1.185>
- Piras, A. & Vickers, J. N. (2011). The effect of fixation transitions on quiet eye duration and performance in the soccer penalty kick: instep versus inside kicks. *Cognitive Processing*, 12(3), 245–255. <https://doi.org/10.1007/s10339-011-0406-z>
- Pollatsek, A., Rayner, K. & Collins, W. E. (1984). Integrating pictorial information across eye movements. *Journal of Experimental Psychology. General*, 113(3), 426–442.
- Pylyshyn, Z. W. (1989). The role of location indexes in spatial perception. A sketch of the FINST spatial-index model. *Cognition*, 32(1), 65–97. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(89\)90014-0](https://doi.org/10.1016/0010-0277(89)90014-0)
- Pylyshyn, Z. W. (2001). Visual indexes, preconceptual objects, and situated vision. *Cognition*, 80(1-2), 127–158.
- Pylyshyn, Z. W. & Storm, R. W. (1988). Tracking multiple independent targets. Evidence for a parallel tracking mechanism. *Spatial Vision*, 3(3), 179–197. <https://doi.org/10.1163/156856888X00122>
- Rienhoff, R., Baker, J., Fischer, L., Strauss, B. & Schorer, J. (2012). Field of Vision Influences Sensory-Motor Control of Skilled and Less-Skilled Dart Players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(3), 542–550.
- Rosenholtz, R. (2016). Capabilities and Limitations of Peripheral Vision. *Annual Review of Vision Science*, 2, 437–457. <https://doi.org/10.1146/annurev-vision-082114-035733>
- Ryu, D., Abernethy, B., Mann, D. L. & Poulton, J. M. (2015). The Contributions of Central and Peripheral Vision to Expertise in Basketball. How Blur Helps to Provide a Clearer

435 Picture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(1),  
436 167–185. <https://doi.org/10.1037/a0038306>

437 Ryu, D., Abernethy, B., Mann, D. L., Poolton, J. M. & Gorman, A. D. (2013). The role of  
438 central and peripheral vision in expert decision making. *Perception*, 42(6), 591–607.  
439 <https://doi.org/10.1068/p7487>

440 Schorer, J., Rienhoff, R., Fischer, L. & Baker, J. (2013). Foveal and Peripheral Fields of Vision  
441 Influences Perceptual Skill in Anticipating Opponents' Attacking Position in Volleyball.  
442 *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 38(3), 185–192.  
443 <https://doi.org/10.1007/s10484-013-9224-7>

444 Simons, D. J. & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: sustained inattention blindness  
445 for dynamic events. *Perception*, 28(9), 1059–1074. <https://doi.org/10.1068/p281059>

446 Strasburger, H., Rentschler, I. & Jüttner, M. (2011). Peripheral vision and pattern recognition.  
447 A review. *Journal of Vision*, 11(5). <https://doi.org/10.1167/11.5.13>

448 Vater, C., Klostermann, A., Kredel, R. & Hossner, E.-J. (2019a). The role of peripheral vision  
449 in sports and everyday life. In A. M. Williams & R. C. Jackson. (Hrsg.), *Anticipation and*  
450 *decision making in sport* (S. 79–98). Abingdon, Oxon: Routledge.

451 Vater, C., Kredel, R. & Hossner, E.-J. (2016). Detecting single-target changes in multiple  
452 object tracking. The case of peripheral vision. *Attention, Perception, and Psychophysics*,  
453 78(4), 1004–1019. <https://doi.org/10.3758/s13414-016-1078-7>

454 Vater, C., Kredel, R. & Hossner, E.-J. (2017a). Detecting target changes in multiple object  
455 tracking with peripheral vision. More pronounced eccentricity effects for changes in form  
456 than in motion. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*,  
457 43(5), 903–913. <https://doi.org/10.1037/xhp0000376>

- Vater, C., Kredel, R. & Hossner, E.-J. (2017b). Disentangling vision and attention in multiple-object tracking. How crowding and collisions affect gaze anchoring and dual-task performance. *Journal of Vision*, 17(5), 21. <https://doi.org/10.1167/17.5.21>
- Vater, C., Kredel, R. & Hossner, E.-J. (2017c). Examining the functionality of peripheral vision: From fundamental understandings to applied sport science. *Current Issues in Sport Science*, 2:010. [https://doi.org/10.15203/CISS\\_2017.010](https://doi.org/10.15203/CISS_2017.010)
- Vater, C., Luginbühl, S. P. & Magnaguagno, L. (2019b). Testing the functionality of peripheral vision in a mixed-methods football field study. Advance online publication. *Journal of Sports Sciences*. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1664100>
- Vater, C., Williams, A. M. & Hossner, E.-J. (2019c). What do we see out of the corner of our eye? The role of visual pivots and gaze anchors in sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2019.1582082>
- Williams, A. M. & Elliott, D. (1999). Anxiety, expertise, and visual search strategy in karate. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21(4), 362–375. <https://doi.org/10.1123/jsep.21.4.362>
- Yantis, S. (1992). Multielement visual tracking. Attention and perceptual organization. *Cognitive Psychology*, 24(3), 295–340. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90010-Y](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90010-Y)
- Zelinsky, G. J. & Neider, M. B. (2008). An eye movement analysis of multiple object tracking in a realistic environment. *Visual Cognition*, 16(5), 553–566. <https://doi.org/10.1080/13506280802000752>
- Zelinsky, G. J. & Todor, A. (2010). The role of "rescue saccades" in tracking objects through occlusions. *Journal of Vision*, 10(14). <https://doi.org/10.1167/10.14.29>